

Bài toán điều tiết tối ưu hệ thống đơn hồ chứa có nhiệm vụ phát điện

Nguyễn Đức Hạnh*, Nguyễn Văn Tuấn

Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN

Ngày nhận 02 tháng 01 năm 2009

Tóm tắt. Nhu cầu sử dụng điện năng ngày càng tăng nhanh. Trong hệ thống điện quốc gia thì thủy điện đóng một vai trò hết sức quan trọng. Tuy nhiên theo quy hoạch hệ thống điện thì đến năm 2020, hầu hết nguồn thủy năng trên các sông ngòi Việt Nam sẽ được khai thác [1]. Vì vậy để đáp ứng nhu cầu điện năng, bên cạnh việc phát triển các nguồn điện cần phải nâng cao hiệu quả khai thác, sử dụng hợp lý tài nguyên tại các nhà máy điện. Bài báo này giới thiệu mô hình toán và chương trình tính toán của tác giả sử dụng phương pháp quy hoạch động để giải bài toán điều tiết tối ưu cho hệ thống đơn hồ chứa có nhiệm vụ phát điện.

1. Giới thiệu

Theo dự báo phát triển kinh tế trong giai đoạn 25 năm từ 1996 - 2020, đến năm 2020 điện năng tiêu thụ trên đầu người của nước ta là 1300 - 1900 kWh/người/năm. Lúc đó tổng công suất các nhà máy điện ở nước ta sẽ đạt gần 34000 MW, trong đó thủy điện chiếm khoảng 36% [2]. Để đáp ứng cho sự phát triển đó, bên cạnh việc phát triển các nguồn điện, hoạch định sử dụng hợp lý tài nguyên tại các nhà máy điện là hết sức cần thiết. Theo số liệu dự báo trên, nếu chỉ cần tăng 3% năng lượng nhờ sự khai thác hợp lý tài nguyên nước tại các trạm thủy điện, mỗi năm nước ta có thể tiết kiệm được gần 1,5 tỉ kWh, tương đương với khoảng 700 tỉ đồng (thời giá 2003), ứng với nó là một lượng nhiên liệu nhiệt điện to lớn sẽ được tiết kiệm; ngoài ra còn giảm được lượng chất độc hại tương ứng thải vào môi trường thiên nhiên.

Các phương pháp điều tiết hồ chứa cổ điển là phương pháp đường lũy tích, lập bảng, thử dần. Nguyên lý quy hoạch động là một trong những hướng tiếp cận có hiệu quả cao trong điều tiết các hồ chứa thủy điện [1,3,4]. Trong bài báo này sẽ giới thiệu mô hình toán cho hệ thống đơn hồ chứa có nhiệm vụ phát điện và chương trình tính toán điều tiết hồ chứa phát điện tối ưu bằng phương pháp quy hoạch động (thuật toán tiến).

2. Mô hình điều tiết tối ưu hồ chứa phát điện điều tiết mùa

2.1. Mô hình toán

Bài toán thiết lập dựa trên tiêu chuẩn cực đại hóa tổng điện năng trong toàn bộ chu kỳ điều tiết đồng thời thỏa mãn các ràng buộc về công suất, lưu lượng, mực nước, cũng như các mối quan hệ vật lý và công nghệ bên trong hệ thống.

Mô hình toán được viết như sau:

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-35582129.
E-mail: duchanh19832004@yahoo.com

STT	Công thức	STT	Công thức
1	$Max \sum_{i=1}^n E_i$	8	$Z_{cuoi} = MNDBT$ (8)
2	$V_{i+1} = V_i + W_i - R_i$	9	$MNC \leq Z_i \leq MNDBT$ (9)
3	$E_i = \frac{\eta_i R_{Ei} H_i}{367.2}$	10	$N_{bd} \leq N_i \leq N_{max i}$ (10)
4	$H_i = Z_{iTLTB} - Z_{iHLTB}$	11	$N_{max i} = f_3(H_i)$ (11)
5	$Z_{iTLTB} = f_1[(V_i + V_{i+1})/2]$	12	$0 \leq Q_{Ei} \leq Q_{max i}$ (12)
6	$Z_{iHLTB} = f_2[R_i / T_i]$	13	$Q_{max i} = f_4(H_i)$ (13)
7	$Z_{dau} = MNDBT$	(7)	

Trong đó: E_i là điện lượng trung bình thời đoạn i ; V_i là dung tích hồ đầu thời đoạn i ; V_{i+1} là dung tích hồ cuối thời đoạn i ; W_i là lượng nước chảy vào hồ trong thời đoạn i đã trừ các tổn thất; R_i là lượng xả trong thời đoạn i ; R_{Ei} là lượng xả dùng để phát điện; η_i là hiệu suất trung bình của trạm thủy điện; H_i là cột nước phát điện trung bình thời đoạn i ; Z_{iTLTB} là mực nước thượng lưu trung bình trong thời đoạn i ; Z_{iHLTB} là mực nước hạ lưu trung bình trong thời đoạn i ; T_i là thời gian tính bằng giây của thời

đoạn i ; $MNDBT$ là mực nước dâng bình thường; MNC là mực nước chết; N_{bd} là công suất bảo đảm; Q_{Ei} là lưu lượng dùng để phát điện.

2.2. Phương pháp giải

Đây là một mô hình quy hoạch phi tuyến, các quyết định tuân tự theo thời gian (quỹ đạo tối ưu). Ở đây ta sử dụng thuật giải tiến của quy hoạch động để viết chương trình giải.

Công thức truy toán:

$$\begin{aligned}
 Elt_{n+1}^*(M_{n+1}) &= Opt_{R_{n+1}} \{ E_{n+1}(M_{n+1}, R_{n+1}) + Elt_n^*(M_n) \} = \\
 & Opt_{R_{n+1}} \{ E_{n+1}(M_{n+1}, R_{n+1}) + Elt_n^*[t(M_n, R_n, W_n)] \}
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Trong đó:

R_n : Lượng xả trong thời đoạn n , là biến quyết định

M_n : Trạng thái hệ thống tại cuối thời đoạn n

$Elt_n^*(M_n)$: Lũy tích năng lượng tối ưu tính ngược từ đầu thời đoạn n_0 đến cuối thời đoạn n , ($n_0 < n$). Ứng với mỗi trạng thái tại thời đoạn cuối M_n sẽ có một giá trị lũy tích năng lượng tối ưu nên biểu diễn nó là một hàm của trạng thái hệ thống M_n .

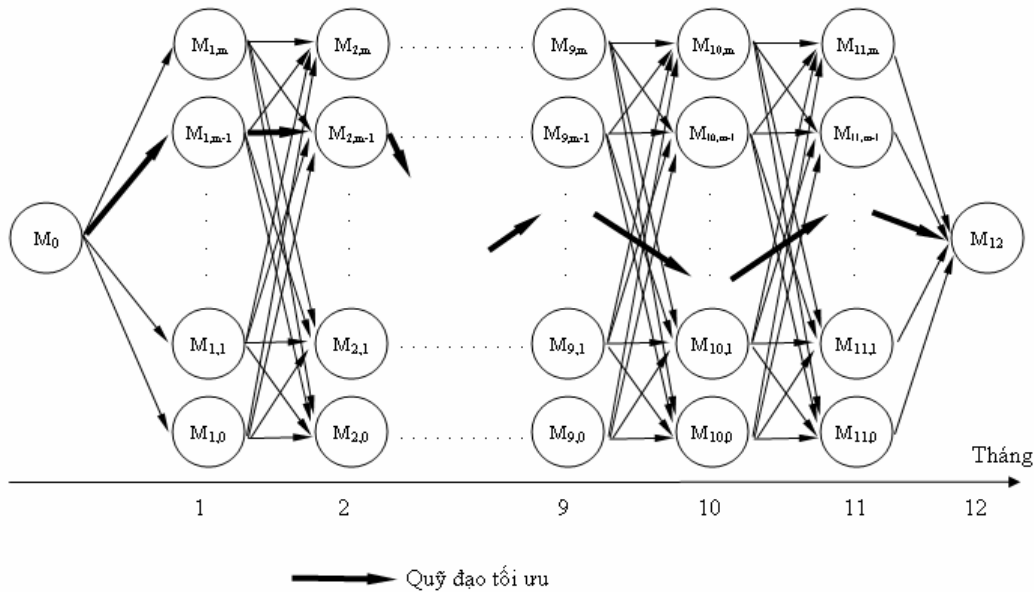
$E_n(M_n, R_n)$: Điện lượng thu được trong thời đoạn n , là một hàm của trạng thái cuối của hệ thống M_n và biến quyết định R_n .

$Elt_{n+1}^*(M_{n+1})$: Lũy tích năng lượng tối ưu tính từ đầu thời đoạn n_0 đến cuối thời đoạn $(n+1)$, là một hàm của trạng thái hệ thống M_{n+1} tại cuối thời đoạn $n+1$.

$t(M_n, R_n, W_n)$: Hàm chuyển trạng thái, có nghĩa là trạng thái ở đầu thời đoạn $n+1$ là một hàm của trạng thái cuối thời đoạn M_n , biến quyết định R_n và dòng chảy đến W_n trong thời đoạn n .

Trên hình 1 minh họa sơ đồ tìm kiếm quỹ đạo tối ưu của thuật giải trên, trong đó M_0 là trạng thái ban đầu của hệ thống (mức nước hồ bằng mực nước dâng bình thường). Trạng thái của hệ thống tại cuối tháng thứ 12 là M_{12} (mức

nước hồ bằng mực nước dâng bình thường). Trong các thời đoạn từ tháng tháng thứ 1 đến tháng thứ 11, mỗi thời đoạn i ta xét $m+1$ trạng thái của biến trạng thái M_i là $M_{i,0}, M_{i,1}, \dots, M_{i,m}$.



Hình 1. Sơ đồ tìm kiếm quỹ đạo tối ưu theo thuật giải tiến của phương pháp quy hoạch động trong bài toán điều tiết tối ưu hệ thống đơn hồ chứa có nhiệm vụ phát điện.

Trên cơ sở đó, có thể thiết lập một chương trình máy tính, tính toán nhằm tìm ra quỹ đạo tối ưu, hay chính là tìm ra một phương án điều tiết một hệ thống đơn hồ chứa tối ưu theo nghĩa là năng lượng điện phát ra là lớn nhất, đồng thời khi tính toán, thuật toán này sẽ tự động làm cực tiểu hóa năng lượng xả bỏ (xả tràn).

Sau đây là một số kết quả minh họa tính toán cho thủy điện Hòa Bình trên sông Đà.

2.3. Tính toán cho thủy điện Hòa Bình

a) Số liệu

- Mực nước dâng bình thường: MNDBT = 115.00 m
- Mực nước chết: MNC = 80.00 m
- Đặc trưng địa hình lòng hồ (bảng 1):

Bảng 1. Đặc trưng địa hình lòng hồ Hòa Bình

Z (m)	0.0	25	50	75	80	85	90	940
F (km ²)	0.0	19.3	55.8	106.2	119.	132	144.7	152
W (10 ⁶ m ³)	0.0	322	1222	3215	3800	4360	5089	5700
Z (m)	100	104	110	115	120	125	135	150
F (km ²)	164.4	173.5	186.5	198.3	217.5	237.7	258.5	396.8
W (10 ⁶ m ³)	6634	7420	8520	9450	10480	11526	14007	19005

- Quan hệ giữa lưu lượng xả và mực nước hạ lưu (bảng 2):

Bảng 2. Quan hệ giữa lưu lượng xả và mực nước hạ lưu hồ Hòa Bình

Q (m ³ /s)	0.	50	150	500	1000	2000
Z (m)	10.70	10.79	10.95	11.52	12.31	13.78
Q (m ³ /s)	3500	5000	7000	9000	11000	13000
Z (m)	15.72	17.34	19.02	20.13	20.69	20.83

- Biểu đồ lưu lượng nước đến trong năm (bảng 3):

Bảng 3. Lưu lượng nước đến trong năm của hồ Hòa Bình

Tháng		1	2	3	4	5	6
Q (m ³ /s)	Năm ít nước	1233	619	446	507	470	318
	Năm trung bình	824	795	527	498	396	432
	Năm nhiều nước	1973	836	562	416	350	346
Tháng		7	8	9	10	11	12
Q (m ³ /s)	Năm ít nước	987	2398	4846	3012	2433	1702
	Năm trung bình	456	2581	2851	6516	3068	2187
	Năm nhiều nước	758	2241	6237	4135	3228	2155

- Công suất bảo đảm: $N_{bd} = 588$ (MW)

- Công suất lắp máy: $N_{lm} = 1920$ (MW)

- Lưu lượng đảm bảo: $Q_{db} = 680$ (m³/s)

- Cột nước nhỏ nhất: $H_{min} = 60$ (m)

- Cột nước lớn nhất: $H_{max} = 109$ (m)

- Cột nước thiết kế: $H_{tk} = 88$ (m)

- Số tổ máy: 8

b) Kết quả chạy chương trình

Sử dụng chương trình tính toán cho các năm ít nước, năm nước trung bình và năm nhiều nước, kết quả mực nước tối ưu duy trì trong hồ tính được như các bảng 4 - 6 sau:

Bảng 4. Quỹ đạo (biểu đồ) tối ưu mực nước (m) năm ít nước

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
115	115	115	112.54	110.75	108.20	103.15	90.4	80	99.8	110.14	115	115

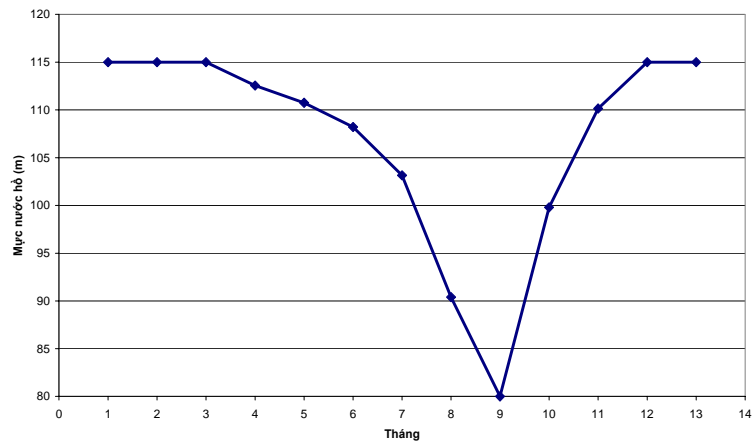
Bảng 5. Quỹ đạo (biểu đồ) tối ưu mực nước (m) năm nước trung bình

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
115	115	115	113.76	111.96	108.45	105.09	89.72	84.94	80	101.19	113.18	115

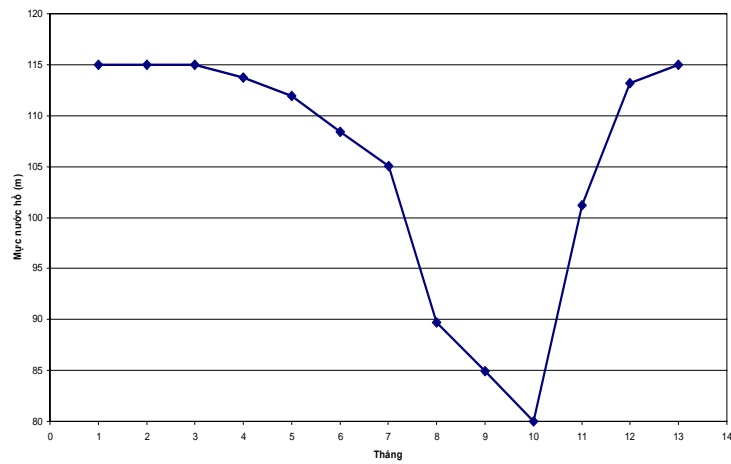
Bảng 6. Quỹ đạo (biểu đồ) tối ưu mực nước (m) năm nhiều nước

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
115	115	115	114.27	111.29	107	102.31	92.36	80	80	99.54	113.57	115

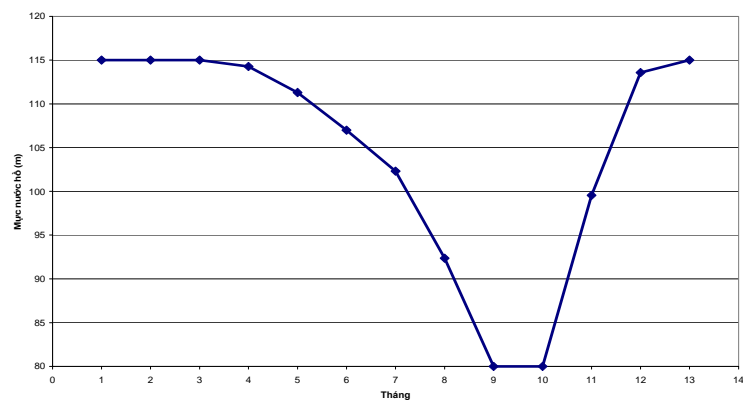
Kết quả mực nước được biểu diễn dưới dạng đồ thị như trong các hình 2, 3, 4 sau:



Hình 2. Quỹ đạo (biểu đồ) tối ưu mực nước hồ năm nước ít.



Hình 3. Quỹ đạo (biểu đồ) tối ưu mực nước hồ năm nước trung bình.



Hình 4. Quỹ đạo (biểu đồ) tối ưu mực nước hồ năm nước nhiều.

3. Nhận xét

Qua tính toán với nhiều bộ số liệu dòng chảy đầu vào nhà máy thủy điện, có thể rút ra một số nhận xét như sau:

- Tùy theo chế độ thủy văn mà quỹ đạo vận hành để thu được điện lượng tối đa cho nhà máy điện là khác nhau. Việc vận hành theo phương pháp biểu đồ điều phối là thiên về an toàn, chưa tận dụng được tối ưu nguồn thủy năng.

- Khi tính toán, thuật toán quy hoạch động này sẽ tự động làm cực tiểu hóa tổng lượng xả bỏ. Cho nên khi thay thế tiêu chuẩn (1) bằng tiêu chuẩn tổng lượng xả thừa nhỏ nhất thì kết quả tính toán sẽ không tốt bằng.

- Khi tính toán quỹ đạo vận hành bằng phương pháp quy hoạch động đã có kiểm tra các ràng buộc, loại bỏ đi các phương án không khả thi. Nhờ vậy phương án tối ưu tìm được, nếu có sẽ đảm bảo tất cả các ràng buộc, ví dụ công suất bảo đảm luôn luôn được đảm bảo trong những năm nước thuận lợi.

- Quỹ đạo tối ưu trong những năm nước thuận lợi thường có xu hướng làm tăng mực nước hồ nhằm giảm việc hạn chế công suất do

thiếu cột nước công tác gây ra (Cụ thể như trong các hình 2 - 4 ta có thể thấy trong ba tháng đầu tiên, mực nước hồ trung bình tháng luôn được giữ ở mực nước dâng bình thường).

- Quá trình dòng chảy đầu vào nhà máy thủy điện đóng vai trò quyết định đối với việc triển khai các phương pháp điều khiển tối ưu hồ chứa. Vì vậy, việc nghiên cứu và mô phỏng quá trình dòng chảy để có thể hiểu biết tốt hơn về quy luật dòng chảy là hết sức quan trọng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Hà Văn Khôi, *Giáo trình quy hoạch và quản lý nguồn nước*, Tài liệu dùng cho giảng dạy cao học, Hà Nội, 2003.
- [2] Tổng công ty Điện lực Việt Nam, *Ngành điện Việt Nam, 45 năm - những chặng đường*, Hà Nội, 1999.
- [3] Phạm Kỳ Anh, *Phương pháp số trong lý thuyết điều khiển tối ưu*, NXB Đại học Quốc gia, Hà Nội, 2001.
- [4] L.W. May, Yeou-Koung-Tung, *Hydro systems engineering and management*, McGraw-Hill, Inc, Singapore, 1992.

The problem of optimal regulation of water resource in a single hydropower reservoir system

Nguyen Duc Hanh, Nguyen Van Tuan

Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, College of Science, VNU

The demand of using electric energy increases more and more quickly. Hydropower has an important role in national electric power system. According to the planning of national electric power system, however, most of hydropower sources on the rivers of Vietnam will have been exploited in 2020 [1]. Hence, in order to respond to increasing electric demand, beside development of power sources, it is necessary to exploit effectively natural resources in power stations. This paper presents the mathematical model and a computer program based on dynamic programming for optimal regulation of water resource in a single hydropower reservoir system.